

## MİKOTOKSİN ÜRETİMİNE TESİR EDEN FAKTÖRLER

Selahattin Sert (1)

### ÖZET

*Mikotoksinler, bazı küfler tarafından sentezlenen toksik metabolitlerdir. Bu maddeler canlılarda zararlı biyolojik değişiklikler yaparlar. Mikotoksinlerin insan ve hayvanlarda yol açtığı zehirlenmelere de mikotoksikosis denilmektedir. Tarihte mikotoksikosislerden çok sayıda insan ve hayvanın öldüğü bilinmektedir. Mikotoksinler üzerine ayrıntılı çalışmalar, 1960 yılında yemleme sonucu 100.000 hindi palazının ölümü ile sonuçlanan olaylardan sonra başlamıştır.*

*Mikotoksin üretimine tesir eden faktörler; fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere üç ana grup altında toplanabilir. Çevrenin sıcaklığı, nisbi nemi, substratın su muhtevası, çevre atmosferini oluşturan gazların oranı, doğal gıda ve yem maddelerinde meydana gelen mekanik hasarlar en önemli fiziksel faktörleri teşkil ederler. Küflerin beslenmesi ile ilgili faktörler de kimyasal faktörlerin en önemlisidir. Küf suşunun mikotoksin üretebilme kabiliyeti, mikotoksik küf ile aynı ortamda gelişen diğer küflerin rekabet etme durumları ve mikrobiyal detoksifikasyon, mikotoksin üretimine etki eden önemli biyolojik faktörleri oluştururlar.*

### 1. Giriş

Küfler insanlar için oldukça faydalı organizmalardır. Çeşitli antibiyotik, vitamin, enzim, organik asit, alkol, yağ ve hayvan yemi gibi ürünlerin elde edilmesinden, bazı gıda ve gıda katkı maddelerinin hazırlanmasına kadar küflerden istifade edilmektedir. Ancak, küflerin bu faydalarının yanında zararlı bir çok yönleri de vardır. Bunlar, gıda maddelerinin bozulmasında önemli derecede rol oynarlar. Ayrıca, bazı küfler ürettikleri ortama "mikotoksin" denilen toksik metabolitler bırakırlar. Mikotoksinler, hayvan, insan bitki ve mikroorganizmalarda zararlı biyolojik değişikliklere sebep olurlar (Pier, 1973). Mikotoksinlerin insan ve hayvanlarda meydana getirdiği hastalıklara "mikotoksikosis" denir. Bu hastalıklar alınan toksinin tipine, dozuna, alınış zamanına, yaşa, hayvanın türüne ve duru-

(1) Atatürk Üniv. Zir. Fak. T.Ü.T. Bölümü Doçenti, Erzurum.

muna, gıdanın kompozisyonuna bağılı olarak değişik şekillerde ortaya çıkarlar. Mikotoksinlerin kimyasal ve biyokimyasal özellikleri, canlılarda meydana getirdikleri zararlı etkileri birçok bilimsel çalışma ve yayınlarda detaylı olarak ele alınmıştır (Ciegler ve Lillehoj, 1968; Goldblatt, 1969; Stubblefield ve ark.; 1972; Wyllie ve Morehouse, 1978; Bullerman, 1979; WHO, 1979).

Bu makalede, kısaca mikotoksikosislerin tarihçesinden ve mikotoksin üretimine etki eden faktörlerden bahsedilecektir.

## 2. Mikotoksikosislerin Kısa Tarihçesi

Küflerin yol açtığı zehirlenmeler çok yıllar önce bilinmesine rağmen, insan ve özellikle hayvan hastalıklarında önemli bir faktör olduğu ancak son 25 yıl kadar önce anlaşılmıştır (Pier, 1973). Ergotizm veya "mukaddes ateş" insana etkili olma bakımından en eski ve en fazla bilinen mikotoksikosisdir. Orta çağda Avrupa'da, çavdar ekmeği yiyen binlerce kişi ergotizmden ölmüştür. İnsan sağlığı ile ilgili son büyük ergotizin patlamaları 1925 de A.B.D.'de, 1926-27 de İngiltere'de, 1928 de Rusya'da görülmüştür. Araştırmalar ergotizme, *Claviceps purpurea* küfü tarafından üretilen alkaloidlerin sebep olduğunu ortaya koymuştur (Davis ve Diener, 1978).

Tarihte diğer önemli bir mikotoksikosis olayı II. Dünya Harbi sıralarında Rusya'da görülmüştür. Alimantar Toksik Aleukia (ATA) diye bilinen bu hastalığa, çavdar unundan yapılmış ekmeğin tüketilmesi sebep olmuştur. Bu yıllarda tarım işçilerinin askere alınması üzerine hububat hasatı gecikmiş ve bir kış tarlada kalmıştır. Çavdarlar üzerinde gelişen *Fusarium sporotrichoides* kuvvetli bir toksin üretmiştir. Bu çavdarların ekmeklerini yiyenlerde parmak, dudak ve ağız mukozalarında nekrotik ülserasyonlar, kemik iliğinde dejenerasyonlar, lökositlerde anormal bir şekilde azalma meydana gelmiştir. ATA hastalığı şiddetli bir şekilde seyretmiş ve ölüm oranı %60 kadar yüksek olmuştur. Rusya'da yine aynı yıllarda, atlarda ATA'ya benzer bir hastalık görülmüştür. Stakibotriyotoksikosis adı verilen bu zehirlenmeye, *Stachybotrys alterans* küfü ile infekte olmuş samanların yemlemede kullanılması sebep olmuştur (Pier, 1973; Davis ve Diener, 1978; Bullerman, 1979).

A.B.D.'de 1952 ve 1957 yıllarında küflü mısır yiyen domuzlarda, 1958'de küflü mısır karıştırılmış yemle beslenen ev köpeklerinde akut, öldürücü hepatit görülmüştür. Küflü yemlerden yapılan analizlerde *Aspergillus flavus* ve *Penicillium rubrum* izole edilmiştir (Pier, 1973; Davis ve Diener, 1978).

İnsan ve hayvanlarda büyük tahribat yapan mikotoksikosis olayları her nedense 1960 yılına kadar pek fazla dikkat toplamamıştır. Nitekim, bu yıllarda mikotoksikosislerin durumunu gözden geçiren Forgacs ve Carll da, "İnsan ve hayvanların maruz kaldıkları sayısız hastalıklar içinde mikotoksikosisler belki de az bilinen ve az araştırılan hastalıklardır" Sonucuna varmışlardır (Davis ve Diener, 1978).

Hayvanlarda mikotoksikosislere olan ilgi 1960'larda İngiltere'nin 500 ayrı yerinde 100.000 hindi palazının ölümü ile artmıştır. Yine bu tarihlerde Doğu Afrika'nın bazı çiftliklerindeki ördek yavruları aynı hastalık belirtileriyle ölmüştür. Bu olaylar, bilim adamlarının ölen hayvanların yemlerine katılan yer fıstığı küsbesinden aflatoksinleri keşfetmelerine sebep olmuştur (Goldblatt, 1965, 1971). *A. flavus* ve *A. parasiticus* tarafından üretilen aflatoksinlerin, bilinen kanserojen maddelerin en etkilisi olduğu anlaşılmış ve mikotoksinler üzerine yapılan araştırmalar yoğunluk kazanmıştır. Bugün, 250 den fazla küf türünün mikotoksin ürettiği ve bu mikotoksinlerden 20 kadarının insan ve hayvanlarda önemli zehirlenmeler meydana getirdiği tesbit edilmiştir (Arda, 1980). Tablo 1'de bazı önemli mikotoksinler ve bunların hayvanlarda meydana getirdikleri patolojik etkileri verilmiştir.

Tablo 1. Bazı önemli mikotoksinler ve hayvanlardaki etkiler.

Mikotoksin	Mikotoksik küf	Patolojik etkiler
Aflatoksin	<i>Aspergillus flavus</i> <i>A. parasiticus</i>	Kanserojenik etki, karaciğerde hasar, kanamalar
Sterigmatosistin	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>A. flavus</i>	Kanserojenik etki
Okratoksin	<i>Aspergillus ochraceus</i> <i>Penicillium cyclopium</i> <i>P. viridicatum</i>	Nefrit, böbreklerde hasar
Sitrinin	<i>Penicillium citrinum</i> <i>P. viridicatum</i> <i>Aspergillus candidus</i>	Nefrit, böbreklerde hasar ve nokroz
Patulin	<i>Penicillium expansum</i> <i>P. patulum</i> ( <i>P. urticae</i> ) <i>Aspergillus clavatus</i>	Kanserojenik etki, beyin ve akciğerlerde ödem, akciğerlerde kanama
Penisilik asit	<i>Penicillium cyclopium</i> <i>P. martensii</i> <i>Aspergillus alliaceus</i>	Kanserojenik etki, karaciğerde ve böbreklerde hasar
Ziralenon	<i>Fusarium roseum</i> <i>F. tricinctum</i> <i>F. oxysporum</i>	Estorojenik etki, yavru düşürme, uterusu genişleme
Trikotesenler	<i>Fusarium roseum</i> <i>F. tricinctum</i>	Kalp, akciğer, böbrek kanamaları, ödem, dermatit
Rubratoksin	<i>Penicillium rubrum</i> <i>P. purpurogenum</i>	Karaciğerde hasar
Ergot alkaloidleri	<i>Claviceps purpurea</i>	Periferel dokuların ölümü, kuru gangren,

(Diener ve Davis, 1978 ve Bullerman, 1979'dan değiştirilerek).

### 3. Mikotoksin Üretimine Tesir Eden Faktörler

Mikotoksin üretimine tesir eden faktörler: (A) Fiziksel, (B) Kimyasal ve (C) Biyolojik olmak üzere üç ana grup altında toplamak mümkündür.

#### A. Fiziksel Faktörler

Çevrenin sıcaklığı, nisbi nemi veya substratın su muhtevası mikotoksin üretimine tesir eden en önemli faktörlerdir. Örneğin, *A. flavus* ve *A. parasiticus* tarafından, üretilen aflatoksin için 25-35°C (Diener ve Davis, 1970; Trenk ve Hartman, 1970; Diener, 1976), *P. expansum* tarafından sentezlenen patulin için 20-25°C (Özçelik, 1982), *P. rubrum* tarafından üretilen rubratoksin için 25-30°C (Jarvis, 1971) *A. ochraceus* tarafından oluşturulan okratoksin için 20-30°C (WHO, 1979) en uygun sıcaklıklardır. Buna karşılık, *Penicillium* cinsinin psikrofilik türlerinin (*P. viridicatum*) 5-10°C gibi düşük sıcaklıklarda okratoksin sentezlediği (WHO, 1979), *F. tricinctum*'un donma noktasının altındaki sıcaklıklardan 28°C ye kadar, trikotesen grubu mikotoksinlerinin en önemlilerinden olan, T-2 toksinini ürettiği ve 15°C de, toksin üretiminin en yüksek düzeye çıktığı tesbit edilmiştir (Davis ve Diener, 1978). Şunu da belirtmek gerekir ki, küf çoğalmasının görüldüğü her sıcaklık derecesinde mikotoksin üretimi olmayabilir. Nitekim, 12 ve 43°C de küf gelişmesi ve sporulasyon görüldüğü halde bu sıcaklıklarda aflatoksin üretimi olmamıştır (Jarvis, 1971).

Genellikle, mikotoksinler optimal gelişme sıcaklıklarının altındaki derecelerde oluşurlar. Meselâ, sporidesmin toksini optimal olarak 20°C de sentezlenir. Halbuki bu toksini üreten *Pithomyces chartarum* optimum 24°C de gelişir. Benzer olarak, *Fusarium poae* ve *Cladosporium epiphyllum-15* ile 1°C ler arasında toksin üretirler. Buna karşılık *epiphyllum-15* ile 1°C ler arasında toksin üretirler. Buna karşılık adı geçen küflerin optimum gelişme sıcaklıkları ise 23-25°C dir (Jarvis, 1971). Tablo 2'de, *A. flavus* ile aşılıarak % 99 nisbi nemde ve farklı, sıcaklık derecelerinde depolanan steril, olgunlaşmış, zedeli yerfıstıklarında oluşan aflatoksin miktarları görülmektedir.

Tablo 2. Farklı sıcaklıkların aflatoksin üretimine tesiri.

Sıcaklık (°C)	Süre (gün)	Aflatoksin (µg/g)	
		B <sub>1</sub> + B <sub>2</sub>	G <sub>1</sub> + G <sub>2</sub>
12	84	0	0
14	84	0.1	0.2
16	84	0.3	0.4
18	84	0.8	1.0
20	21	0.8	1.2
25	21	22.5	37.0
30	21	86.0	74.0
40	21	0.3	0
41	21	0	0

(Diener ve Davis, 1970).

Bütün canlılar gibi küfler de gelişebilmeleri için suya ihtiyaç gösterirler. Ancak, ihtiyaç miktarı küfün cins veya türüne göre değişebilir. Örneğin tarla küfleri diye adlandırılan *Alternaria*, *Fusarium*, *Helminthosporium* ve *Cladosporium* cinslerinin, % 22-25 oranında su ihtiva eden tahılları enfekte edebileceklerini buna karşılık, depo küfleri grubuna giren *Aspergillus* ve *Penicillium* cinslerinin ise, % 13-18 kadar az rutubetli tahıllarda bile gelişebilecekleri bildirilmiştir (Christensen, 1978). Mikotoksin sentezleyen küflerin çoğunluğunun depo küfleri grubuna girdikleri belirtilmiştir (Jarvis, 1971). Çeşitli araştırmacılar tarafından aflatoksin oluşumu için en uygun nisbi nemin % 85 ve yukarısı olduğu kaydedilmiştir (Diener, ve Davis, 1969, Boller ve Schroeder, 1974 a; Diener ve ark. 1976). Tablo 3'de sterilize edildikten sonra *A. flavus* ile aşılanarak 30°C de ve farklı nisbi nemlerde inkube edilen yer fıstıklarında aflatoksin oluşumu verilmiştir. *Aspergillus ochraceus* tarafından maksimum okratoksin sentezinin 30°C de ve 0.953 su aktivitesinde elde edildiği ancak, sıcaklık 15°C kadar düşük olduğunda, su aktivitesi ihtiyacının 0.997 ye çıktığı tesbit edilmiştir. (WHO, 1979). Bacon ve ark. (1973) da *A. ochraceus* tarafından üretilen en fazla penisilik asidin (320 mg/kg), kümes hayvanları yemi üzerinde, 22°C de ve 0.90 su aktivitesinde meydana geldiğini görmüşlerdir.

Tablo 3. Nisbi nemin aflatoksin üretimine tesiri.

Nisbi Nem (%)	Süre (gün)	Aflatoksin ( $\mu\text{g/g}$ )	
		B <sub>1</sub> + B <sub>2</sub>	G <sub>1</sub> + G <sub>2</sub>
83	84	0	0
85	21	1.3	1.6
87	21	6.3	5.2
92	21	16	12.4
99	21	32.1	24.6

(Diener ve Davis, 1970)

Küfler aerobik organizmalar oldukları için gelişmelerinde oksijenin büyük rolü vardır. İlgili olarak, laboratuvarında sıvı besiyerlerine ekilen kültürlerin belirli aralıklarla çalkalanması halinde toksin üretiminin artırılacağı bildirilmiştir (Davis ve ark. 1966). Öte yandan, ortamdaki CO<sub>2</sub> oranını artırmak suretiyle, sentezlenen toksin miktarını azaltmak mümkündür. Bu durum tablo 4'de görülmektedir.

Doğal gıda ve yem maddelerinde meydana gelen ezilme, zedelenme, kırılma, çatlama, böcekler tarafından yaralanma gibi mekanik hasarlar küf gelişimini ve toksin üretimini artıran fiziksel faktörlerdir. Çünkü, özellikle tahıl, meyve ve sebze yüzeylerindeki kabuk veya zarlar, mikroorganizma zararlarına karşı koruyucu bir tabaka oluşturmaktadır. Bu tabakanın hasara uğraması, mikroorganizma geliş-

Tablo 4. Değişik gaz konsantrasyonlarının *A. flavus* ile aşılanan yerfıstıklarında oluşan aflatoksin miktarına etkisi (30°C de)

Gaz oranı (%)			Aflatoksin		üretimi		(µg/g)
CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	Toplam
0.03	21	79	144.432	67.733	43.350	33.866	299.381
20	20	60	38.456	16.866	10.795	8.433	74.550
40	20	40	12.819	10.120	10.795	1.686	35.420
60	20	20	5.193	6.833	4.373	3.416	19.815
80	20	0	0.047	0.012	0.038	0.006	0.103
100	0	0	0.003	0	0.003	0	0.006

(Landers ve ark., 1967)

mesini teşvik eden unsurların ortaya çıkmasına yol açar. Böylece küfler, bu maddeleri daha kolay bir şekilde kullanırlar ve daha fazla çoğalarak toksin üretebilirler (Lillehoj, 1973; Christensen, 1978).

## B. Kimyasal Faktörler

Kimyasal faktörlerden en önemlisi mikotoksik küflerin beslenmesi ile ilgili faktörlerdir. Birçok araştırmacı çeşitli küf türlerinin buğday, arpa, yulaf, çavdar, mısır, kuru fasulye, bezelye, pirinç, fındık, yer fıstığı, karma yem, pamuk tohumu, ayçiçeği tohumu, peynir, süt, sucuk, v.b. gıda ve yem maddeleri üzerinde çoğalarak mikotoksin sentezlediğini tesbit etmişlerdir (Demirer, 1975; Diener ve ark., 1976; Alperden, 1978; Denizel, 1979; Duru ve Şahin, 1979; Shotwell ve ark., 1979; Dalcero ve ark., 1981; Sert, 1982). Gıda madde'e i arasındaki bileşim, su muhtevası, pH v.b. kimyasal ve fiziksel yapı değişiklikleri, bunlar üzerinde sentezlenen mikotoksin miktarlarının da farklı olmasına yol açmaktadır. Nitekim, sterilize edilerek aynı küf suşu ile aşılıp, aynı şartlarda inkube edilen tarımsal ürünlerde oluşan aflatoksin miktarlarının oldukça farklı olduğu tesbit edilmiştir (Tablo 5). Benzer sonuç karma yemlerde de görülmüştür. Örneğin, *A. parasiticus* NRRL 2999 suşu ile aşılarak % 85 nisbi nemde, 25°C de 1 hafta depolanan sığır-koyun besi, süt ve yumurta karma yemlerinde oluşan aflatoksin (B<sub>1</sub> + G<sub>1</sub>) miktarları sırasıyla, 9427 µg/kg, 11367 µg/kg ve 3047 µg/kg olmuştur (Sert, 1982). Ayrıca, Schroeder (1966) yer fıstığı ve pirinç örneklerinden, Diener ve Davis (1967, 1970) olgunlaşmış ve olgunlaşmamış yer fıstıklarında, Beuchat ve Lechowich (1970) üç ayrı kuru fasulye çeşidinde, Nagarajan ve Bhat (1973) iki farklı yer fıstığı varyetesinde benzer sonuçlar almışlardır.

Doğal gıda ve yem maddeleri üzerinde mikotoksin üretimi sentetik besiyerlerine göre genellikle daha üstündür. Bununla beraber, mikotoksin üretiminde Czapek-Dox veya Raulin-Thom besiyerlerinin tabii substratlar kadar uygun olduğu bulun-

Tabl5 5. *A. parasiticus*'un iki ayrı suşu ile aşılanan mahsullerde oluşan aflatoksin miktarları (ng/g)

M a h s u l	NRRL - 2999 suşu		NRRL - 3145 suşu	
	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	G <sub>1</sub>
Buğday	510	260	90	80
Yulaf	288	272	232	483
Pirinç	467	109	452	228
Yerfıstığı	107	128	—	—
Sorgum	85	80	—	—

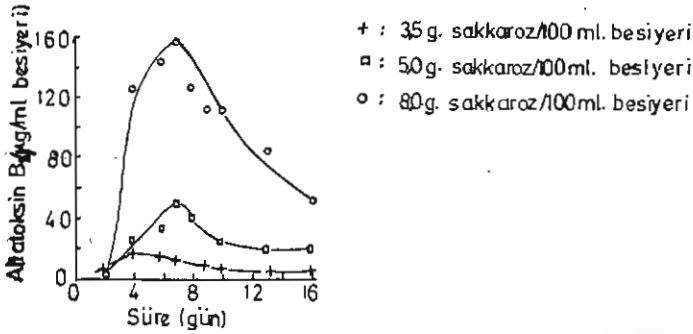
(Edds, 1979)

muştur. Ancak iyi bir toksin üretimi için besiyerlerinin pepton, malt ekstraktı, maya ekstraktı veya diğer ekstraktlar ile takviye edilmesi gerekir (Jarvis, 1971).

Küflerin mikotoksin üretimleri için, besiyerlerine çeşitli karbon kaynakları ilâve edilmektedir. Czapek - Dox besiyerine katılan glukoz veya maltoz *P. urticae* ve *P. patulum*'un ürettiği patulini maksimum seviyeye ulaştırır. *A. flavus*, karbon kaynağı olarak glukoz ve fruktozu tercih eder. Mannoz ve ksiloz aflatoksin üretimini stimüle eder (Jarvis, 1971). *A. sulphureus*'un okratoksin sentezi için glukoz ve sakkaroz en iyi karbon kaynaklarıdır (Lai ve ark., 1970). Optimal okratoksin üretimi ya % 3 sakkaroz veya % 1-2 laktoz ve % 1-2 sakkaroz kombinasyonunda meydana gelir (Jarvis, 1971). Grafik 1'de değişik sakkaroz konsantrasyonlarının *A. parasiticus* tarafından üretilen aflatoksin miktarına etkisi görülmektedir. Azot kaynağı olarak besiyerine katılan prolin ve glutamik asit en yüksek okratoksin üretimini sağlamıştır (Carlton ve Krogh, 1979). Aflatoksin sentezini stimüle etmede inorganik azot kaynakları önemli derecede farklılık gösterir. Amonyum sülfat ve potasyum nitrat en etkili olanlarıdır. Okratoksin ve sporodesmin üretiminde inorganik azot kaynaklarının etkisi az olmuştur (Jarvis, 1971).

Aflatoksin sentezi için glisin ve glutamik asit en etkili amino asitlerdir. Bunları alanin, aspartik asit ve glutamik asit takip eder. Asparagin de sporodesmin üretimini stimüle eder (Jarvis, 1971). % 1 L-fenilalanin ve % 2 maya ekstraktı bulunan besiyerinde fazla miktarda okratoksin üretildiği bildirilmiştir (Carlton ve Krogh, 1979).

Mikotoksin sentezinde inorganik tuzların tesiri farklı olmaktadır. Çinko temel elemettir. *A. melleus*, litresinde 500 mg çinko bulunan besiyerinde, *A. sulphureus*'da, litresinde 100 mg potasyum, 25 mg fosfor, 300 mg magnezyum sülfat bulunan besiyerinde en yüksek okratoksin üretimini gerçekleştirmiştir (Lai ve ark., 1970). Molibden, kadmiyum ve demir aflatoksin üretimini stimüle eder. Ancak, demir misel gelişmesini azaltır. Baryum ise aflatoksin üretimini inhibe eder (Jarvis, 1971).



Grafik 1. Besiyerinde bulunan değişik sakkaroz konsantrasyonlarının *A. parasiticus* CMI 15957 (ii) suşu tarafından üretilen aflatoxin miktarına etkisi (jarvis, 1971).

Mikotoksin sentezinde pH'nın da önemli bir rolü vardır. Örneğin, Özçelik (1982), en fazla patulin üretiminin (218.5 µg/ml), % 10 glukozlu Czapek - Dox buyyonda ve pH 3.5 da gerçekleştiğini bildirmiştir. Halbuki, aynı şartlarda, pH 2.5 da 96.6 µg/ml, pH 5.5 da 5.0 µg/ml, pH 7.0 de 1.9 ug/ml, pH 9.0 da 4.4 µg/ml patulin sentezlendiği tesbit edilmiştir. Sansing ve ark. (1973), % 4 sakkaroz % 2 maya ekstraktı ihtiva eden besiyerinde, 25°C de 10-12 gün inkübe edilen *A. ochraceus* kültüründen yüksek miktarda okratoksin elde etmişler ve 7.6-8.2 gibi yüksek pH değerlerinin fazla miktarda okratoksin üretimi için uygun olduğunu kaydetmişlerdir. Lai ve ark. (1970) da, *A. sulphureus* tarafından en yüksek okratoksin A üretiminin (155 mg/lt), pH 6.0-6.3 de 8-10 gün içerisinde gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

### C. Biyolojik Faktörler

Mikotoksin sentezine tesir eden önemli biyolojik faktörler şunlardır: (1) Küf suşunun toksijenik olup olmadığı. Toksikjenik ise toksin üretme kabiliyeti. (2) Aynı ortamda toksin üreten küflerle birlikte rekabet durumunda bulunan diğer küflerin mevcudiyeti. (3) Mikrobiyal detoksifikasyon.

Toksijenik bir küf türünün bütün suşları toksin üretmeyebilir. Suş farklılığı üretilen toksinin miktarına ve tipine de tesir eder. Aflatoxin söz konusu olduğunda, *A. flavus* veya *A. parasiticus* türlerinin değişik suşları çeşitli aflatoxin tiplerini (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, v.s.) üretme bakımından farklılık gösterirler. Bu durum tablo 5'de görülmektedir. Ancak bu farklılıkta fiziksel gıda faktörlerinin de oldukça önemli rolü vardır.

Aynı ortamda toksijenik bir küfle diğer küflerin birlikte bulunması, bu küflerin aynı besin maddelerini paylaşma zorunluluğunu yani, rekabet durumunu



ortaya çıkarır. Toksikjenik küfün böyle bir ortamda gelişebilme ve toksin üretebilme kapasitesi, rekabetsiz ortamdakine göre oldukça düşüktür. Nitekim, Boller ve Schroeder (1974 b), eşit miktarda *A. parasiticus* ve *A. candidus* sporları ile aşıl原因an piriçlerde oluşan aflatoksin miktarının, sadece *A. parasiticus* ile aşıl原因an piriçlere göre çok daha düşük olduğunu görmüşlerdir (Tablo 6). Bu araştırmacılar, ayrıca, *A. chevalieri*'nin de, *A. parasiticus*'un ürettiği toksini azalttığını kaydetmişlerdir. Boller ve Schroeder (1974 c) bir diğer çalışmalarında, *A. parasiti-*

Tablo 6. Değişik oranda *A. parasiticus* ve *A. candidus* sporlarıyla aşıl原因an piriçte oluşan aflatoksin miktarları.

Aşıl原因an küflerin oranı ( <i>A. parasiticus</i> : <i>A. candidus</i> )	Depolama sonunda izlenen aflatoksin B <sub>1</sub> (µg/kg)		
	7 gün	21 gün	42 gün
Yalnız <i>A. parasiticus</i>	2.205	8.500	4.977
7 : 1	73	248	264
3.1 : 1	68	248	54
1.5 : 1	68	iz	iz
1 : 1.2	0	iz	iz
1 : 1.8	0	iz	34

(Boller ve Schroeder, 1974 b)

*cus* ile aşıl原因an piriçlerde doğal mikrofloraya ait aktivite artışının toksin üretimindeki düşme ile paralellik gösterdiğini ifade etmişlerdir. *Penicillium lapidosum*'un *A. flavus*'un konidiofor ve konidial başlarında gelişerek aflatoksin teşekkülünü azalttığı bildirilmiş ve buna neden olarak, *P. lapidosum*'un *A. flavus*'un metabolik faaliyetlerini etkilemesi ve ortamdaki besin maddelerine ortak olması ihtimali gösterilmiştir (Denizel, 1979).

Bazen, toksijenik küfle rekabete giren diğer mikroorganizmalar sadece ortamdaki besin maddelerine ortak olmakla kalmaz, toksijenik küf tarafından sentezlenen mikotoksini, metabolize ederek veya çıkardıkları metabolitleri ile parçalayarak detoksifiye ederler. *Flavobacterium aurantiacum* bakterisinin (Ciegler ve ark., 1966 a) ve *Scopulariopsis brevicaulis*, *Nocardia*, *A. niger*, *Rhizopus oryzae* suşlarının (Jarvis, 1971), aflatoksini detoksifiye ettiği kaydedilmiştir.

Bazı durumlarda toksijenik küf kendi ürettiği toksini detoksifiye etmektedir. Örneğin, doğal mikrofloradan uzak, steril bir besi ortamında sentezlenen mikotoksin miktarının, genellikle en yüksek noktaya ulaştıktan sonra, zamanla düşmeye başladığı görülür. Bu durum sterilize edilerek *A. parasiticus* sporlarıyla aşıl原因an kuru fasulyelerde de görülmüştür. % 30 rütubet ihtiva eden ve 28°C de 1, 3, 5 hafta depolanan fasulyelerden navy çeşidinde 1. hafta 321 µg/g, 2. hafta 257 µg/g, 3.

hafta 114 µg/g, aynı şartlarda depolanan pinto çeşidinde ise sırayla; 0.5 µg/g, 416 µg/g, 248 µg/g aflatoxin (B<sub>1</sub> + G<sub>1</sub>) tesbit edilmiştir (Beuchat ve Lechowich, 1970). Benzer durum Boller ve Schroeder (1974 b'in *A. parasiticus* ile aşılandığı steril piriçlerde (Tablo 6), *A. flavus* sporlarıyla aşılanan mısırlarda (Denizel, 1979), *A. parasiticus* sporlarıyla aşılanan karma yemleide de (Sert, 1982) görülmüştür.

Araştırmacılar mikotoksinlerin zamanla parçalanarak azalmasının karmaşık bir olay olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumu, toksijenik küfün, kendisinin oluşturduğu toksini metabolize etmesiyle veya ortamda açığa çıkan substrat komponentlerinin, üretilen toksinleri parçalayabileceği görüşü ile izaha çalışmışlardır. (Schroeder, 1966; Ciegler ve ark., 1966 b; Beuchat ve Lechowich, 1970).

## KAYNAKLAR

- Alperden, İ. 1978. Hayvansal ürünlerde mikotoksin araştırmaları ve kalite kontrol esasları. TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araş. Enst. Yay. No. 31.
- Arda, M. 1980. Mikoloji (Genel ve Özel). Ank. Üniv. Vet. Fak. Yayınları: 366, s. 322.
- Bacon, C. W., j. G. Sweeney, j. D. Robbins and D. Budrick, 1973. Production of penicillik acid and ochratoxin A on poultry feed by *Aspergillus ochraceus*: temperature and moisture requirements. Appl. Microbiol. 26: 155-160.
- Beuchat, L. R., and R. V. Lechowich, 1970. Aflatoxins: Production on beans as affected by temperature and moisture content. J. Milk and Food Technol. 33. 373-376.
- Boller, R. A., and H. W. Schroeder, 1974 a. Influence of relative humidity on production of aflatoxin in rice by *Aspergillus parasiticus*. Phytopathology, 64: 17-21.
- Boller, R. A., and H. W. Schroeder, 1974 b. Influence of *Aspergillus candidus* on production of aflatoxin in rice by *Aspergillus parasiticus*. Pytopathology, 64: 121-123.
- Boller, R. A., and H. W. Schroeder, 1974 c. Influence of temperature on production of aflatoxin in rice by *Aspergillus parasiticus*. Phytopathology 64: 283-286.
- Bulerman, L.B., 1979. Significance of mycotoxins to food safety and human health. J. Food Protect. 42: 65-86.
- Carlton, W.W. and P. Krogh. 1979. Ochratoxins. In. Conferans on mycotoxins in animal feeds and grain related to animal health. FDA Rockville, Maryland, p. 165-287.

- Christensen, C.M. 1978. Storage Fungi. *In*. Food and beverage mycology. (Ed.) L. R. Beuchat, AVI Publishing Comp., Inc. p. 173-190.
- Ciegler, A., E. B. Lillehoj, R. E. Peterson, and H.H. Hall. 1966 a. Microbial detoxification of aflatoxin. *Appl. Microbiol.* 14: 934-939.
- Ciegler, A., R. E. Petterson, A.A. Lagoda, and H.H. Hall.. 1966 b. Aflatoxin production and degradation by *Aspergillus flavus* in 20-Liter Fermentors. *Appl. Microbiol.* 14: 826-833.
- Ciegler, A. and E. B. Lillehoj. 1968. Mycotoxins. *Adv. Appl. Microbiol.* 10: 155.
- Dalcerio, A. M., S. Chulze, and E. Varsavsky. 1981. Aflatoxins and fungal flora on sunflower seeds. *Int. Symp. Workshop on mycotoxins (Abst. book).* 6-16 Sept., Cairo, Egypt, p. 22-23.
- Davis, N. D., and U. L. Diener, 1978. Mycotoxins. *In* Food and beverage mycology. (Ed.) L.R. Beuchat, AVI Publishing Company, Inc., p. 397-444.
- Davis, N. D., U. L. Diener and D. W. Eldridge. 1966. Production of aflatoxin B<sub>1</sub> and G<sub>1</sub> by *Aspergillus flavus* in a semisynthetic medium. *Appl. Microbiol.* 14: 425-428.
- Demirer, M. 1975. Bazı peynirlerimizden izole ettiğimiz küfler ve bunların aflatoksin yeteneklerinin araştırılması. *Ank. Üniv. Vet. Fak. Dergisi XXI: (1,2),* 180-198.
- Denizel, T. 1979. Mısırların depolanması sırasında oluşan bazı mikotoksinler ve bunların sinerjistik etkileri üzerinde araştırmalar. Doçentlik tezi (basılmamış). Ankara.
- Diener, U. L. 1976. Environmental factors influencing mycotoxin formation in the contamination of food. *Amer. Phytopathological Society* 3: 126-139.
- Diener, U.L. and N.D. Davis, 1967. Limiting temperature and relative humidity for growth and production of aflatoxin and free fatty acids by *Aspergillus flavus* in stored peanuts. *Amer. Oil Chem. Soc.* 44: 259-263.
- Diener, U.L., and N.D. Davis. 1969. Production of aflatoxin on peanuts under controlled environments. *J. Stored Prod. Res.* 5: 251-258.
- Diener, U.L., and N.D. Davis. 1970. Limiting temperature and relative humidity for aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in stored peanuts. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 47: 347-351.
- Diener, U.L., N.D. Davis, and G. Morgan-Jones, 1976. Nature and importance of mycotoxins in grains. *Proceeding of the Third international Biodegradation Symposium*, J. M. Sharpley and A.M. Kaplan, eds. Applied Science Publishers, Ltd. London, p. 589-605.

- Duru, S. ve G. Şahin: 1979. Unlarda aflatoksin B<sub>1</sub> sorunu. Mikrobiyoloji Bülteni, 13: 371-376.
- Edds, G.T. 1979. Aflatoxins. In. Conference on Mycotoxins in Animal Feeds and Grains Related to Animal Health. June 8, Food and Drug Administration Rockville, Maryland, p. 80-164.
- Goldblatt, L.A. 1965. The mycotoxin problem. Cottonseed Proceeding Clinic. New Orleans La., ARS, 72-49 Feb. 8-9, p. 3-11.
- Goldblatt, L.A., ed. 1969. Aflatoxins; scientific background, control, and implications. New York, Academic Press, p. 472.
- Goldblatt, L.A. 1971. The aflatoxin problem-background proceedings of the twentieth oilseed processing clinic. ARS 72-93, p. 31-33.
- Jarvis, B. 1971. Factors affecting the production of mycotoxins. J. Appl. Bact. 34: 199-213.
- Lai, M., G. Semenik and C.W. Hesseltine. 1970. Conditions for production of ochratoxin A by *Aspergillus* species in a synthetic medium. Appl. Microbiol. 19: 542-544.
- Landers, K. A., N. D. Davis, and U. L. Diener. 1967. Influence of atmospheric gases on aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in peanuts. Phytopathology 57: 1086-1090.
- Lillehoj, E. B., 1973. Feed sources and conditions conducive to production of aflatoxin, ochratoxin, fusarium toxins, and zearalenone, J. Amer. Vet. Med. Assoc. 163: 1281-1284.
- Nagarajan, V. and R. V. Bhat. 1973. Aflatoxin production in peanut varieties by *Aspergillus flavus* Link and *Aspergillus parasiticus* Speare. Appl. Microbiol. 25: 319-321.
- Özçelik, S. 1982. Patulin üretimine etki eden faktörler. Gıda. 2: 49-54.
- Pier, A. C. 1973. An overview of the mycotoxicoses of domestic animals. J. Amer. Vet. Med. Assoc. 163: 1259-1261.
- Sansing, G. A., N. D. Davis and U. L. Diener. 1973. Effect of time and temperature on ochratoxin A production by *Aspergillus ochraceus*. Can. J. Microbiol. 19: 1259-1263.
- Schroeder, H. W. 1966. Effect of corn steep liquor on mycelial growth and aflatoxin production in *Aspergillus parasiticus*. Appl. Microbiol. 13: 381-385.
- Sert, S. 1982. Bazı çevre faktörlerinin aflatoksin oluşumuna etkisi üzerine araştırmalar. Doçentlik tezi (Basılmamış). Erzurum.

- Shotwell, O. L., C. W. Hesseltine, H. R. Burmeister, W. F. Kwolek, G. M. Shannon, and H.H. Hall. 1969 a. Survey of cereal grains and soybeans for the presence of aflatoxin: I. Wheat, grain sorghum, and oats. *Cereal Chem.* 46: 446-454.
- Stubblefield, R. D., O. L. Shotwell and G. H. Shaonnon. 1972. Aflat xin M<sub>1</sub> and M<sub>2</sub> and parasiticol: Thin layer cohromatograhpy and physical and chemical properties. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 55: 762-767.
- Trenk, H. L., and P. A. Hartman, 1970. Effects of moisture content and temperature on aflatoxin in corn. *Appl. Microbiol.* 19: 781-784.
- WHO. 1979. Environmental health criteria 11-Mycotoxins. World Health Organization, Geneva, p. 127.
- Wyllie, T.D. and L. G. Morehouse, ed. 1978. *Mycotoxic fungi, mycotoxins, mycotoxicoses. An encyclopedic handbook, Vol. I.* New York, Marcel Dekker, Inc. p. 537.

